



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
Кафедра будівельних конструкцій

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсового проекту з дисципліни  
"Проектування залізобетонних та мурованих  
конструкцій"

для студентів спеціальності 192 «Будівництво та  
цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання

на тему:

**"Залізобетонні конструкції одноповерхової  
промислової будівлі"**

***Розділ II: Статичний розрахунок  
поперечної рами за допомогою програмного  
комплексу "Ліра"***

УДК 621.012.41+621.012.43  
М54

*Укладач:*

О. П. Конончук, *канд. техн. наук, доцент*

*Рецензент:*

Ю. І. Пиндус, *канд. техн. наук, доцент*

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри будівельних  
конструкцій.

Протокол № 6 від 01 березня 2019 р.

Розглянуто й затверджено на засіданні методичної комісії факультету  
інженерії машин, споруд та технологій.

Протокол № 6 від 14 березня 2019 р.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни  
«Проектування залізобетонних та мурованих конструкцій» для студентів  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної  
форми навчання на тему: "Залізобетонні конструкції одноповерхової  
промислової будівлі" Розділ II: Статичний розрахунок поперечної рами  
за допомогою програмного комплексу "Ліра". / Укладач: О.П. Конончук –  
Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 25 с.

Складено з урахуванням матеріалів літературних джерел, наведених у  
переліку.

УДК 621.012.41+621.012.43

© Конончук О.П.  
© Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019

## ВСТУП

Навчальним планом підготовки студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» передбачено виконання курсового проекту з дисципліни "Проектування залізобетонних та мурованих конструкцій", в якому необхідно запроектувати залізобетонний каркас одноповерхової виробничої будівлі обладнаної мостовими кранами.

Одним із завдань курсового проекту є статичний розрахунок поперечної рами будівлі, який можна виконувати наближеними методами за допомогою таблиць додатку 6 [7], формул глави 6 [10], або з використанням ПЕОМ (програми "Ліра", "Міраж", Ansys, Scad Office, тощо). В даних методичних вказівках наведений приклад статичного розрахунку поперечної рами будівлі за допомогою програмного комплексу "Ліра".

"Ліра" – це багатофункціональний програмний комплекс, який призначений для розрахунку, проектування та дослідження роботи різноманітних конструкцій та споруд. ПК "Ліра" використовує метод кінцевих елементів (МКЕ) у формі переміщень, який дає можливість легко алгоритмізувати процес обчислювань з використанням комп'ютерної техніки.

У методичних вказівках: "Вихідні дані. Компонування конструктивної схеми та збір навантажень на поперечну раму" **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** наведений приклад конструювання будівлі, виконаний підбір основних конструкцій та визначенні навантаження на поперечну раму. На основі цих даних виконаний даний приклад.

### ***Вихідні дані для проектування будівлі:***

1. Довжина будівлі  $A = 84$  м.
2. Проліт рами  $L = 18$  м.
3. Кількість прольотів  $n = 2$ .
4. Крок колон  $B = 6$  м.
5. Висота до низу кроквяних конструкцій  $H = 10,8$  м.
6. Вантажопідйомність крану  $Q = 30/5$  т.
7. Район будівництва – м. Тернопіль.
8. Кроквяна конструкція – безроскісна ферма.
9. Будівля опалюється.

## 1. Геометрична схема рами

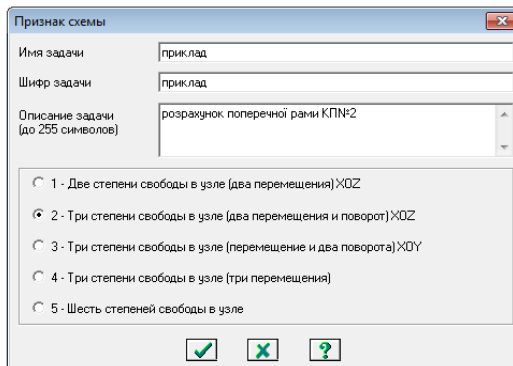
Розрахунок поперечної рами будівлі виконується за допомогою програмного комплексу "Ліра 9.6", тому розрахункову схему komponуємо з врахуванням особливостей комп'ютерного розрахунку.

При komponуванні каркасу **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** розроблена конструктивна схема рами, а саме: визначені габаритні розміри рами, типи окремих її елементів (підкранової та надкранової віток колон, ригеля, підкранової балки, тощо) та обраний спосіб вузлових сполучень.

Принцип адаптації геометричної схеми поперечної рами для розрахунку в "Лірі" наведений на рис. 1.1. Реальні конструктивні елементи рами представляємо у вигляді стержнів, які центруються по геометричним осям елементів. За геометричну вісь елемента приймають лінію, що проходить через центр ваги перерізу.

Оскільки жорсткість ригеля є набагато більшою від жорсткості колон, то кроквяну конструкцію умовно можна замінити одним жорстким стержнем (кроквяну конструкцію можна моделювати без спрощень, наприклад, рисувати всі елементи ферми: пояси, стояки, розкоси). При шарнірному сполученні ригелів (кроквяних конструкцій) з колонами за геометричну вісь ригеля приймаємо лінію, що з'єднує верхні кінці колон. Консоли колон також моделюємо через жорсткі вставки (див. жорсткість тип 4 в табл. 1.1).

Розпочинаючи роботу в ПК "Ліра" через меню **Файл ⇒ Новый** створюємо нову задачу. У діалоговому вікні **Признак схемы** задаємо схему №2 (*Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z*).



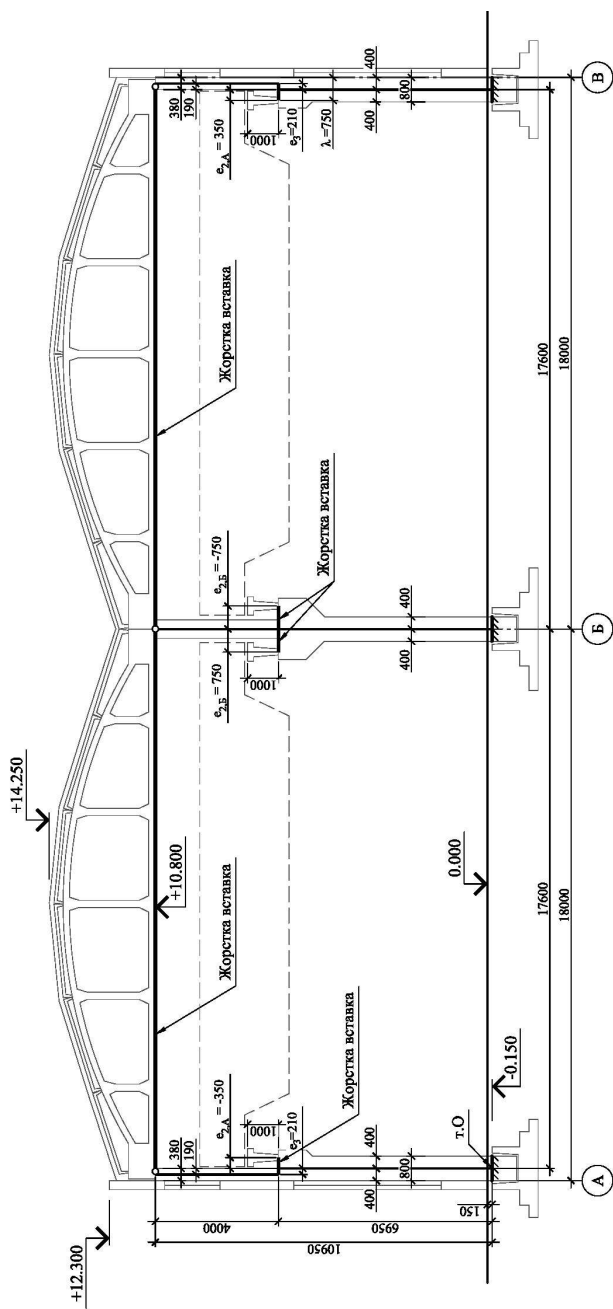
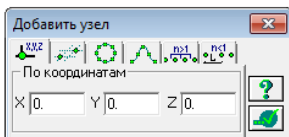
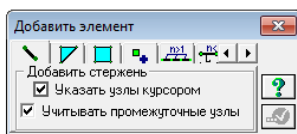


Рис. 1.1. Геометрична схема поперечної рами та її реалізація в ПК

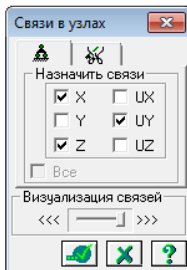
По координатам через діалогове вікно **Добавить узел** вводимо вузли поперечної рами (за початок координат можна прийняти т. О, див. рис. 1.1).



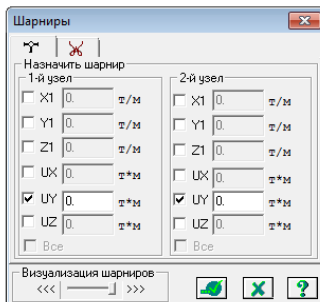
Через діалогове вікно **Добавить элемент** сполучаємо побудовані вузли стержнями. При цьому необхідно звернути увагу на те, що нумерація перерізів у стержні починається з точки, з якої починається його побудова, тому для зручності всі колони будемо знизу вверху (тоді перший переріз в стержні завжди буде знизу).




Через діалогове вікно **Связи в узлах** задаємо граничні умови для вузлів №1, 6, 10 (див. рис. 1.2), що моделюють жорстке защемлення колон у фундаменті (в'язі по осям X та Z, кут повороту UY).



Через діалогове вікно **Шарниры** для ригелів (елементи 5, 13) задаємо на кінцях стержнів шарніри (поворот UY).



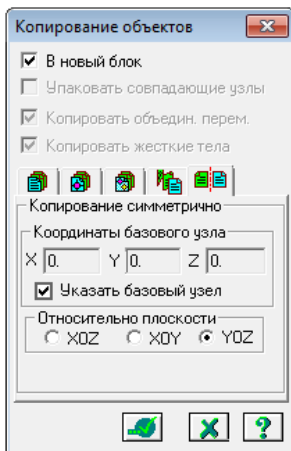
Через діалогове вікно **Жесткости элементов**  призначаємо типи жорсткостей для елементів рами (див. табл. 1.1).


Таблиця 1.1.

Жорсткості елементів

Тип	Назва	Параметри : переріз (см); жорсткість (т/м <sup>2</sup> ); вага (т/м <sup>3</sup> )
1	Брус 40 × 80 (підкранова вітка колони)	$R_o=2,75$ , $E=3e+006$ , $GF=0$ $B=40$ , $H=80$
2	Брус 40 × 38 (надкранова вітка крайньої колони)	$R_o=2,75$ , $E=3e+006$ , $GF=0$ $B=40$ , $H=38$
3	Брус 40 × 60 (надкранова вітка середньої колони)	$R_o=2,75$ , $E=3e+006$ , $GF=0$ $B=40$ , $H=60$
4	Брус 40 × 40 (жорстка вставка)	$R_o=0$ , $E=3e+017$ , $GF=0$ $B=40$ , $H=40$

Для спрощення процесу введення геометричної схеми можна побудувати лише ліву частину рами (в осях А-Б), а потім скористатись діалоговим вікном **Копирования объектов** віддзеркалити другу половину в площині YOZ по осі середньої колони.



Після завершення побудови геометричної схеми для того, щоб видалити вузли та елементи, які повторюються, "висячі" вузли і т.п., її необхідно "упакувати" за допомогою кнопки  на панелі інструментів.

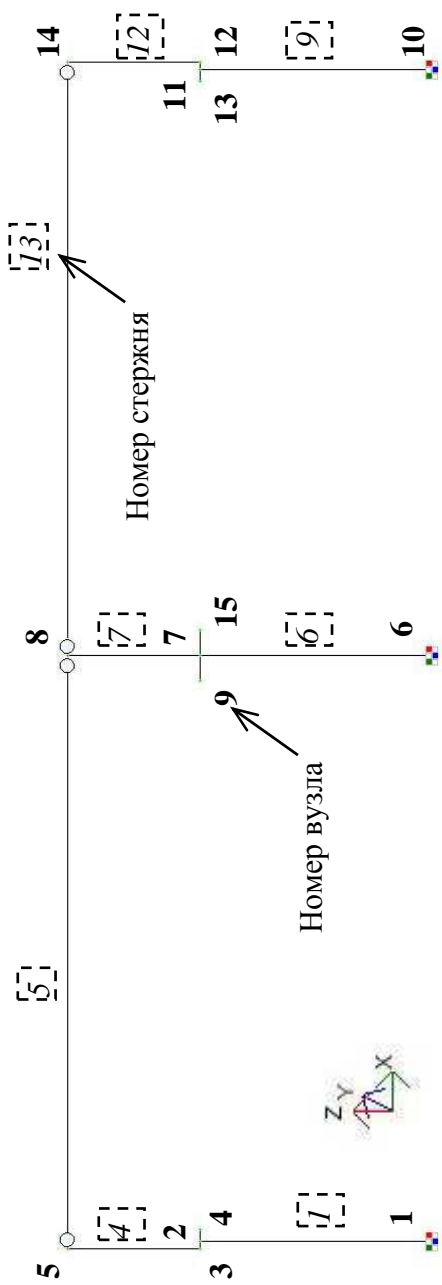



Рис. 1.2. Геометрична схема поперечної рами у середовищі ПК "Ліра"

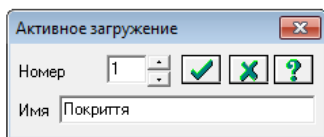



## 2. Навантаження рами

### 2.1. Постійні навантаження

Всі постійні навантаження можна задавати в одному вікні навантаження ПК "Ліра", проте для зручності кожний вид постійного навантаження будемо задавати в окремому вікні навантаження програми.

Назву та номер навантаження вводимо через діалогове вікно **Активное загрузение** .



Навантаження на вузли та елементи задаються через діалогове вікно **Задание нагрузок** . При цьому необхідно пам'ятати, що додатнім вважається згинальний момент  $M_y$  направлений проти руху годинникової стрілки, якщо дивитись на екран (див. рис. 2.1).

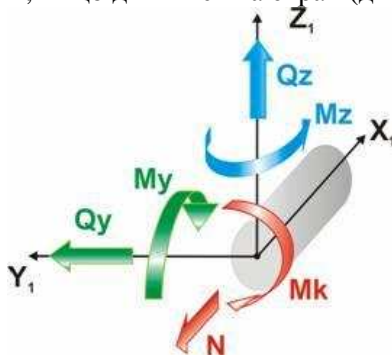


Рис. 2.1. Правила знаків зусиль у стержні в ПК "Ліра"

#### 2.1.1. Навантаження від покриття (навантаження 1)

У вузлах 5 та 14 прикладаємо зосереджену силу  $G_I = 204,39$  кН (див. рис. 4.4 **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**), у вузлі 8 –  $2 \cdot G_I = 408,78$  кН. Оскільки сила  $G_I$  прикладена з ексцентриситетом  $e_{I,A} = 40$  мм, тому додатково у вузлах 5 та 14 прикладаємо згинальний момент рівний (як варіант, ексцентриситет можна задавати шляхом побудови додаткового стержня (жорсткої вставки), що має довжину, яка дорівнює значенню ексцентриситету):

$$M_1 = G_I \cdot e_{I,A} = 204,39 \cdot 0,04 = 8,18 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При цьому у вузлі 5 цей момент додатній, а у 14 – від'ємний.

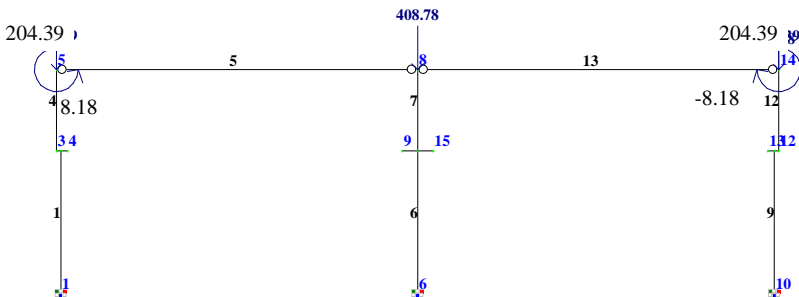


Рис. 2.2. Навантаження від ваги покриття (навантаження 1)

### 2.1.2. Навантаження від ваги підкранових балок (навантаження 2)

У вузлах 4, 9, 15 та 13 прикладаємо зосереджену силу від ваги підкранових балок  $G_2 = 47,06$  кН (див. рис. 4.5 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]). Ексцентриситети  $e_{2,A}$  та  $e_{2,B}$  задані жорсткими вставками, тому задавати додаткові згинальні моменти не потрібно.

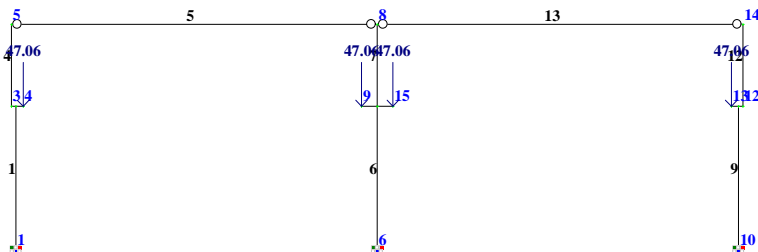
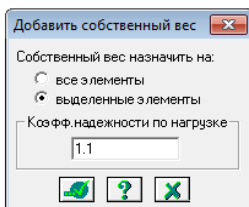


Рис. 2.3. Навантаження від ваги підкранових балок (навантаження 2)

### 2.1.3. Навантаження від власної ваги колон (навантаження 3)

Для стержнів 1, 4, 6, 7, 9 та 12 в ПК "Ліра" власну вагу задаємо автоматично через меню **Нагрузки**  $\Rightarrow$  **Добавить собственный вес**. При цьому задаємо коефіцієнт надійності за навантаженням рівний 1,1 (відповідно до табл. 5.1 [6]).



У вузлах 4 та 13 прикладаємо зосереджені сили від ваги підкранових консолей:  $G_{K,A} = 2,09$  кН, а у вузлі 7 –  $G_{K,B} = 15,05$  кН.

Крім того у вузлах 4 та 13 прикладаємо згинальні моменти величиною (зліва – від’ємний, справа – додатний), які зумовлені ексцентриситетом прикладання сил  $G_{K,A}$  по відношенню до точки обпирання підкранової балки:

$$M_1 = G_{K,A} \cdot e_{K,A} = 2,09 \cdot 0,15 = 0,31 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

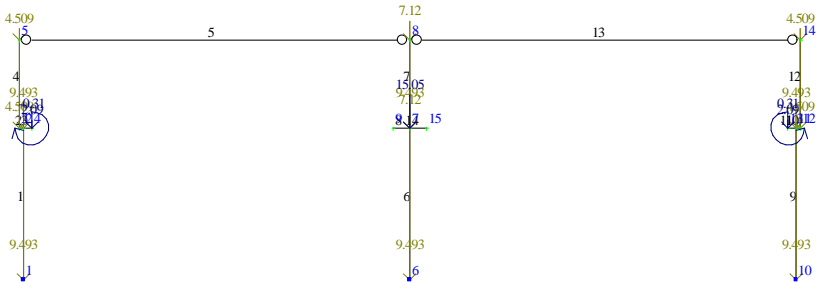


Рис. 2.4. Навантаження від власної ваги колон (навантаження 3)

#### 2.1.4. Навантаження від ваги стін та вікон (навантаження 4)

У вузлах 5 та 14 прикладаємо зусилля  $G_{p1} = 44,32 \text{ кН}$  (див. рис. 4.6 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]) та момент, що рівний:

$$M_{p1} = G_{p1} \cdot e_{p1} = 44,32 \cdot 0,34 = 15,07 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

У вузлах 3 та 12 – зусилля  $G_{p2} = 64,74 \text{ кН}$  та момент:

$$M_{p2} = G_{p2} \cdot e_{p1} = 64,74 \cdot 0,34 = 22,01 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Силу  $G_{p3} = 51,98 \text{ кН}$  умовно прикладаємо у вузлах 1 та 10, момент відповідно рівний:

$$M_{p3} = G_{p3} \cdot e_{p2} = 51,98 \cdot 0,55 = 28,59 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

При цьому на ліву колону діють моменти із знаком "+", а на праву із знаком "-".

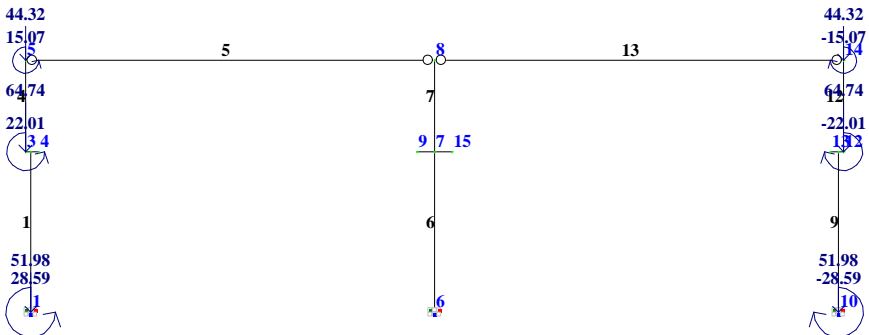


Рис. 2.5. Навантаження від ваги стін та вікон (навантаження 4)

## 2.2. Тимчасові навантаження

### 2.2.1. Снігове навантаження (навантаження 5)

У вузлах 5 та 14 прикладаємо зосереджене зусилля від дії снігового навантаження  $Q_s = 70,28$  кН (див. п. 4.2.2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]) та згинальний момент (у вузлі 5 додатній, у вузлі 14 від'ємний):

$$M_s = Q_s \cdot e_{1,A} = 70,28 \cdot 0,04 = 2,81 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Ексцентриситет прикладання снігового навантаження співпадає з ексцентриситетом від ваги покриття.

У вузлі 8 прикладаємо зусилля  $2 \cdot Q_s = 140,56$  кН.

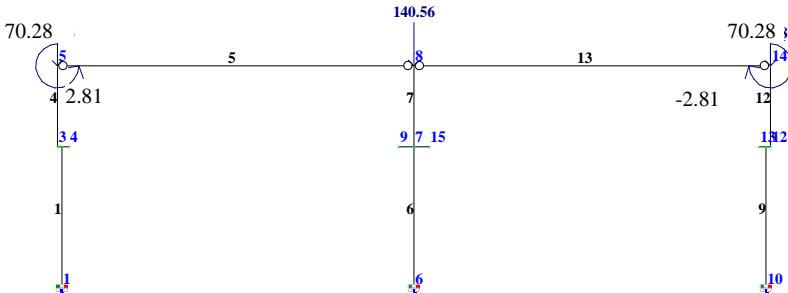


Рис. 2.6. Навантаження від ваги снігу (навантаження 5)

### 2.2.2. Вертикальні кранові навантаження (навантаження 6-9)

В програмі "Ліра" окремо задаються вертикальні та горизонтальні (гальмівні) кранові навантаження. Навантаження 6, 7, 8, 9 – це вертикальні кранові навантаження, коли по чергово максимальне вертикальне кранове навантаження  $F_{m,max} = 484,98$  кН (див. п. 4.2.2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]) знаходиться в прольоті зліва, а мінімальне  $F_{m,min} = 142,89$  кН справа і навпаки максимальне – справа, мінімальне – зліва в кожному з прольотів рами. Вертикальні кранові навантаження прикладаються на кінці кранової консолі, тобто у вузлах 4, 9, 13, 15.

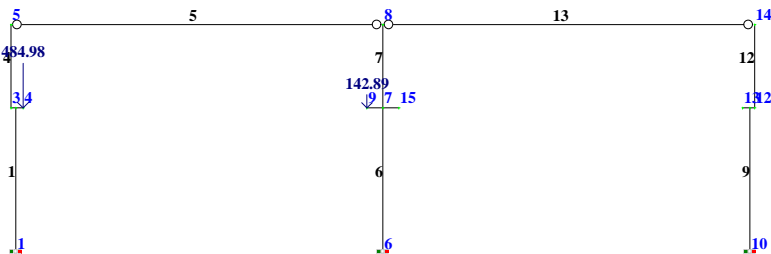


Рис. 2.7. Вертикальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран зліва (навантаження 6)

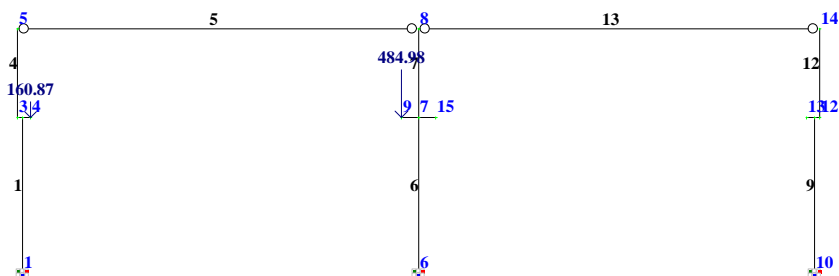


Рис. 2.8. Вертикальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран справа (навантаження 7)

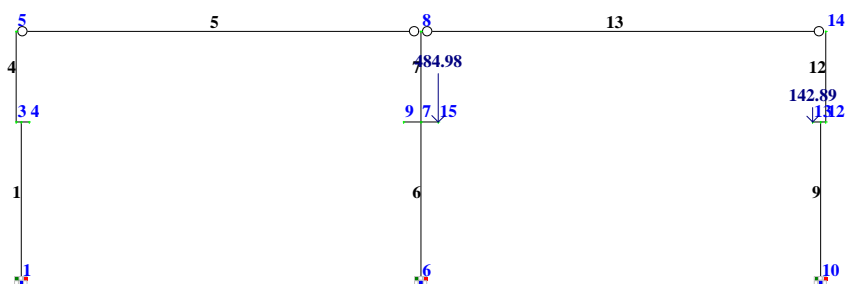


Рис. 2.9. Вертикальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран зліва (навантаження 8)

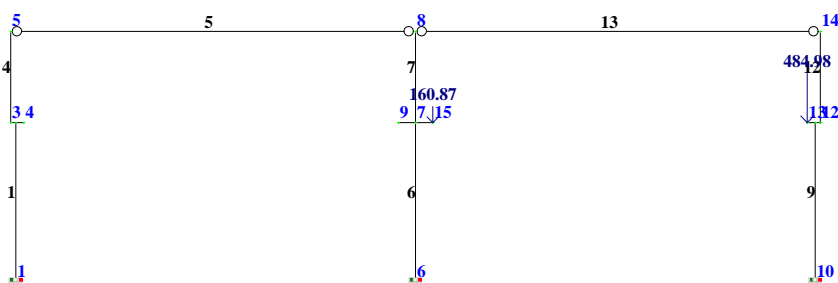


Рис. 2.10. Вертикальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран справа (навантаження 9)

### 2.2.3. Горизонтальні кранові навантаження (навантаження 10-14)

Наступні навантаження – це горизонтальні кранові навантаження, коли почергово гальмівне зусилля крана  $H_m = 22,52 \text{ кН}$  (див. п. 4.2.2

[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] направлене зліва направо та навпаки: справа наліво, – в кожному з прольотів рами.

Сила  $H_m$  прикладена до надкранових віток колон (стержні 4, 7, 12) на рівні верху підкранової балки, а саме: на відстані 1,0 м від верху кранової консолі.

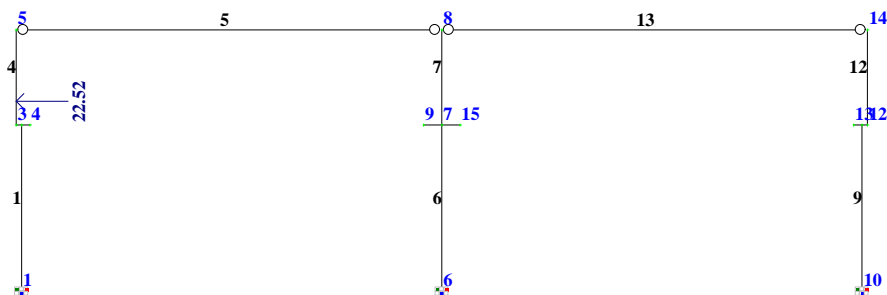


Рис. 2.11. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран гальмує справа наліво (навантаження 10)

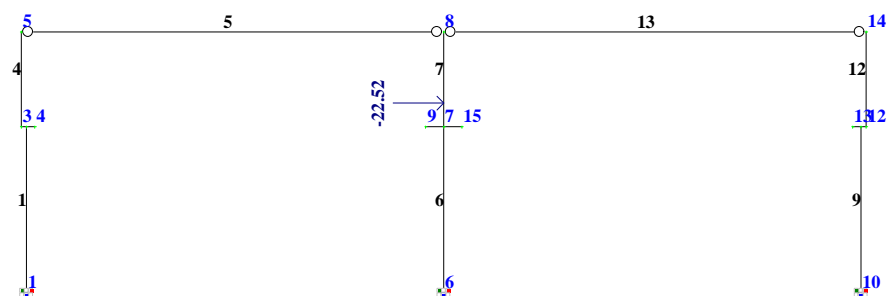


Рис. 2.12. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті А-Б, кран гальмує зліва направо (навантаження 11)

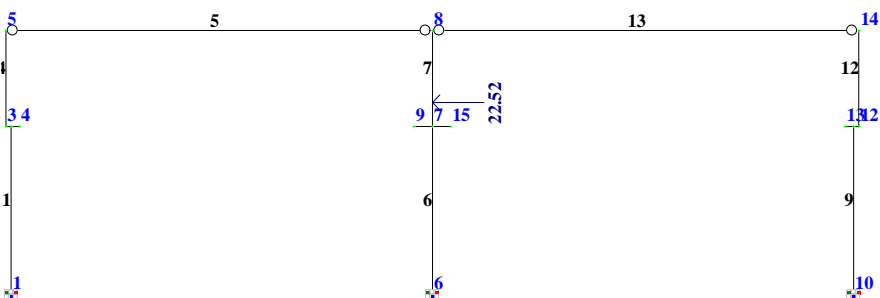


Рис. 2.13. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран гальмує справа наліво (навантаження 12)

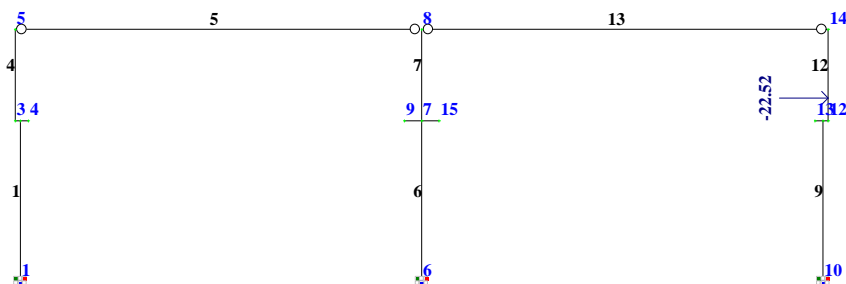


Рис. 2.14. Горизонтальне кранове навантаження в прольоті Б-В, кран гальмує зліва направо (навантаження 13)

#### 2.2.4. Вітрове навантаження (навантаження 14, 15)

Вітрове навантаження задаємо як рівномірно розподілене, що діє на крайні колони рами на ділянках від 0,000 до +10,800 (низу кроквяних конструкцій) відповідно до рис. 4.8 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

До вузлів 5 та 14 прикладаємо зосереджене навантаження  $W=2,36$  кН та  $W'=1,47$  кН.

Вітрове навантаження задається як з навітряної (активний тиск), так і завітряної сторони (відсос).

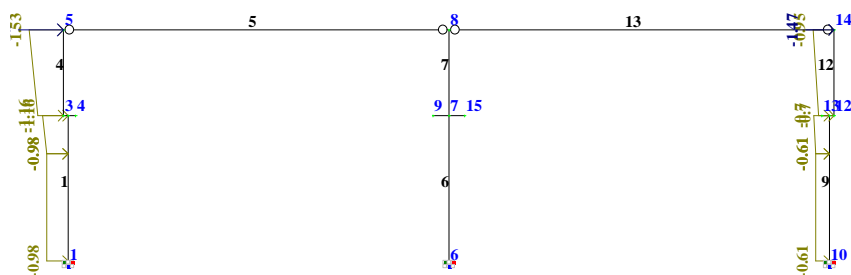


Рис. 2.15. Вітрове навантаження, вітер діє зліва (навантаження 14)

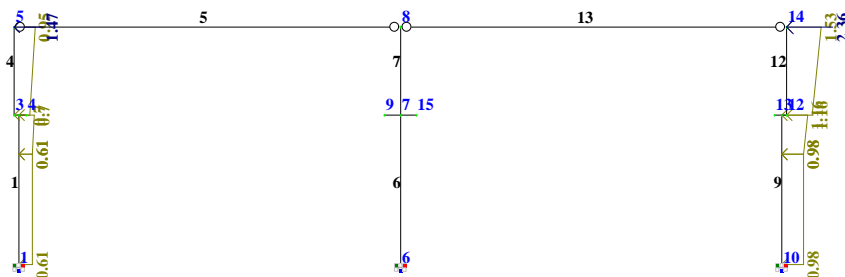


Рис. 2.16. Вітрове навантаження, вітер діє справа (навантаження 15)

### 3. Генерація таблиці розрахункових сполучень зусиль

Для розрахунку конструкцій використовують сполучення навантажень, які враховують ймовірність одночасної дії декількох навантажень (враховується коефіцієнт сполучення навантажень  $\psi$ ) та вагомість їх впливу. При виборі найневигодніших сполучень навантажень і впливів необхідно керуватись ДБН В.1.2-2 [6]. ПК "Ліра" дозволяє автоматично знайти найбільші зусилля в елементах при різних можливих комбінаціях навантажень, які формуються згідно нормативів. Для цього необхідно виконати розрахунок на "РСУ" (*Расчетные сочетания усилий*).

Для створення таблиці "РСУ" вибираємо пункт меню **Нагрузки**  $\Rightarrow$  **РСУ**  $\Rightarrow$  **Генерация таблицы РСУ**. При генерації таблиці РСУ задаються види навантажень (постійне, короткочасне, кранове і т.д.), супутні навантаження, взаємовиключні навантаження (які фізично неможливі), співвідношення коефіцієнтів надійності за розрахунковими навантаженнями, відсоток квазіпостійних (довготривалих) навантажень.

Відношення коефіцієнту надійності граничного значення навантаження до експлуатаційного складає:

- для постійних та кранових навантажень  $\frac{\gamma_{fm}}{\gamma_{fe}} = \frac{1,1}{1,0} = 1,1$ ;

- для снігового навантаження  $\frac{\gamma_{fm}}{\gamma_{fe}} = \frac{1,04}{0,49} = 2,12$   
( $\gamma_{fe} = 0,49$  згідно табл. 8.3 [6]);

- для вітрового навантаження  $\frac{\gamma_{fm}}{\gamma_{fe}} = \frac{1,035}{0,21} = 4,93$   
( $\gamma_{fe} = 0,21$  згідно табл. 9.3 [6]).



Для постійних навантажень доля квазіпостійних (довготривалих) навантажень складає 1,0, для всіх інших, крім снігових, приймаємо, що це відношення дорівнює 0. Для снігових навантажень доля квазіпостійних (довготривалих) навантажень складає:

$$\frac{S_p}{S_m} = \frac{0,37}{1,37} = 0,27 \text{ (див. п. 4.2.2 [} \textbf{Ошибка! Источник ссылки не найден.} \textbf{]})}.$$

Параметри "PCY" наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Параметри РСУ (меню **Окно** ⇒ **Интерактивные таблицы**)

№ навант.	Назва навантаження	Вид	Групи взаємовикл. навант.	Супутні навантаження		Відношення $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$	Доля квазіпост. навантаж.
				#1	#2		
1	Покриття	Постійне (П)				1,10	1,00
2	Підкранові балки	Постійне (П)				1,10	1,00
3	Колони	Постійне (П)				1,10	1,00
4	Стіни	Постійне (П)				1,10	1,00
5	Снігове	Короткочасне (К)				2,12	0,27
6	АБ кран зліва	Кранове (Кр)	1	10	11	1,10	0,00
7	АБ кран справа	Кранове (Кр)	1	10	11	1,10	0,00
8	БВ кран зліва	Кранове (Кр)	2	12	13	1,10	0,00
9	БВ кран справа	Кранове (Кр)	2	12	13	1,10	0,00
10	АБ гальм_зліва	Гальмівне (Т)	3			1,10	0,00
11	АБ гальм_справа	Гальмівне (Т)	3			1,10	0,00
12	БВ гальм_справа	Гальмівне (Т)	4			1,10	0,00
13	БВ гальм_зліва	Гальмівне (Т)	4			1,10	0,00
14	Вітер зліва	Короткочасне (К)	5			4,93	0,00
15	Вітер справа	Короткочасне (К)	5			4,93	0,00

Згідно п.п. 7.17 та 7.19 [6] при розрахунку міцності та стійкості рам слід приймати в кожному прольоті не більше двох кранів, а при врахуванні суміщення кранів в одному створі (в різних прольотах), то для вертикальних кранових навантажень необхідно враховувати не більше двох таких навантажень (чотири крани), а горизонтальних (гальмівних) – не більше одного (два крани). Цю умову необхідно вказати при створенні таблиці "PCY" (вказано "по замовчуванню").

**Расчетные сочетания усилий**

Строительные нормы: ДБН В.1.2-2:2006

Коэффициенты сочетания по степени влияния: Редактировать...

Номер загрузки: 1 Покриття

Вид загрузки: Постоянное (0)

N группы объединяемых временных нагрузений: 0

Учитывать знакперпенность: ☐

N группы взаимоисключающих нагрузений: 0

NN сопутствующих нагрузений: 0

Отношение коэффициентов  $\gamma_m / \gamma_e$ : 1.10

Отношение  $P_q / P_{ch}$ : 1.00

Ограничения для кранов и тормозов: Кран 2 Тормоз 1

**Коэффициенты для PCY**



#	1 основ.	2 основ.	Аварийн.	Авар.(6.С)
1	1.00	1.00	0.90	1.00
2	1.00	1.00	0.90	1.00
3	1.00	1.00	0.90	1.00
4	1.00	1.00	0.90	1.00
5	1.00	0.90	0.50	0.80
6	1.00	0.90	0.00	0.00
7	1.00	0.90	0.00	0.00
8	1.00	0.90	0.00	0.00
9	1.00	0.90	0.00	0.00
10	1.00	0.90	0.00	0.00

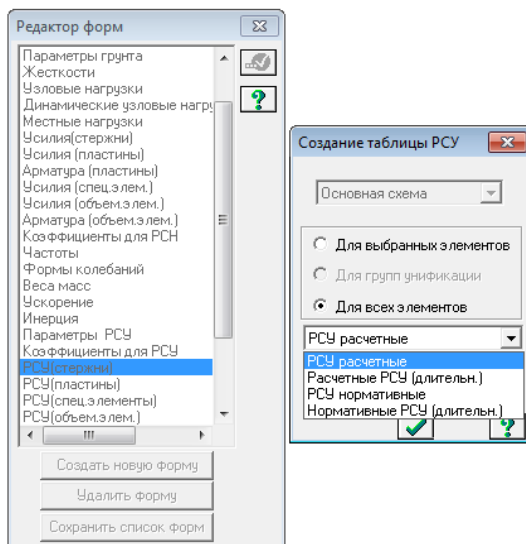
**Сводная таблица для вычисления PCY:**

№	Имя загрузки...	Параметры PCY	Коэффициенты PCY
1	Покриття	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Підкранові ба...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Колони	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
4	Стіни	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
5	Снігове	2 0 0 0 0 0 2.12 0.27	1.00 0.90 0.50 0.80

У колонці групи взаємовиключних навантажень (див. табл. 3.1) вказуються номер групи, в яку не можуть одночасно входити деякі навантаження (наприклад: у групу №5 не можуть одночасно входити вітрове навантаження як зліва, так і справа).

#### 4. Зусилля в елементах рами

Після виконання розрахунків (кнопка ) переходимо у режим **Результаты расчета** (кнопка ) та виділяємо елементи крайньої (стержні 1, 4) або середньої колон (стержні 6, 7). При цьому стержні 1 та 6 відповідають підкрановій вітці, а стержні 4 та 7 – надкрановій вітці колон. Далі заходимо у меню **Окно**  $\Rightarrow$  **Интерактивные таблицы**, вибираємо пункт **PCY (Стержни)**, для виділених елементів та необхідні зусилля в стержнях: граничні розрахункові (*расчетные*), експлуатаційні розрахункові (*нормативные*), або квазіпостійні розрахункові (*расчетные длительные*).



Зусилля в елементах рами наведені в табл. 4.1 – 4.6 (табл. 4.1 та 4.4 наведені в повному обсязі, а всі інші, для економії місця, скорочено). Заливкою в таблицях виділені ті зусилля, на які в подальшому необхідно проводити розрахунок ( $N_{\max}$ ,  $M$  і  $Q$  – відповідно та  $|M_{\max}|$ ,  $N$  і  $Q$  – відповідно).

Таблиця 4.1.  
Зусилля від повних граничних розрахункових навантажень  
в крайній колоні

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ навантажень
			N, кН	$M_v$ , кНм	$Q_z$ , кН	
1	2	3	4	5	6	7
1	1	-	-446.58	83.47	-21.89	1 2 3 4 14
1	1	-	-509.60	-19.16	-5.63	1 2 3 4 5 15
1	1	-	-509.79	79.73	-22.46	1 2 3 4 5 14
1	1	-	-516.71	26.15	-12.89	1 2 3 4 5
1	1	К	-883.61	286.29	-30.80	1 2 3 4 6 8 10 14
1	1	К	-653.98	-209.30	21.47	1 2 3 4 5 7 9 10 15
1	1	К	-590.76	-211.55	23.12	1 2 3 4 7 9 10 15
1	1	К	-946.84	288.54	-32.46	1 2 3 4 5 6 8 10 14
1	1	К	-510.16	219.68	-34.84	1 2 3 4 5 8 12 14
1	2	-	-443.62	-71.02	-9.44	1 2 3 4 5 15

1	2	3	4	5	6	7
1	2	-	-380.39	-62.73	-7.42	1 2 3 4 15
1	2	-	-380.60	-45.88	-15.06	1 2 3 4 14
1	2	-	-443.82	-55.85	-16.31	1 2 3 4 5 14
1	2	-	-450.74	-63.42	-12.89	1 2 3 4 5
1	2	K	-817.57	111.52	-14.45	1 2 3 4 6 8 11 14
1	2	K	-588.07	-91.69	7.45	1 2 3 4 5 7 9 11 15
1	2	K	-443.52	-86.11	-5.96	1 2 3 4 5 9 12 15
1	2	K	-817.57	111.52	-14.45	1 2 3 4 6 8 12 14
1	2	K	-524.78	-63.61	19.31	1 2 3 4 7 9 10 15
1	2	K	-444.18	-1.98	-28.70	1 2 3 4 5 8 12 14
1	2	K	-880.86	83.43	-26.31	1 2 3 4 5 6 8 10 14
4	1	-	-266.75	28.16	-15.42	1 2 3 4 14
4	1	-	-266.75	11.27	-7.06	1 2 3 4 15
4	1	-	-330.00	31.45	-16.62	1 2 3 4 5 14
4	1	-	-337.03	25.34	-12.85	1 2 3 4 5
4	1	K	-330.00	85.39	-30.10	1 2 3 4 5 8 12 14
4	1	K	-266.75	-59.21	10.40	1 2 3 4 7 9 11 15
4	1	K	-266.75	-40.38	20.89	1 2 3 4 7 9 10 15
4	2	-	-318.99	-26.06	-12.85	1 2 3 4 5
4	2	-	-248.71	-23.25	-11.03	1 2 3 4
4	2	-	-318.99	-26.06	-12.85	1 2 3 4 5
4	2	-	-248.71	-23.25	-11.03	1 2 3 4

Таблиця 4.2.

Зусилля від повних експлуатаційних розрахункових навантажень  
в крайній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ навантажень
			N, кН	M <sub>y</sub> , кНм	Q <sub>z</sub> , кН	
1	2	3	4	5	6	7
1	1	K	-537.12	-160.49	16.02	1 2 3 4 7 9 10 15
1	1	K	-833.04	223.30	-21.90	1 2 3 4 5 6 8 10 14
1	1	K	-436.05	160.70	-24.06	1 2 3 4 5 8 12 14
1	2	-	-375.74	-51.35	-11.56	1 2 3 4 5 14
1	2	-	-379.04	-53.16	-10.91	1 2 3 4 5
1	2	K	-743.18	96.76	-10.59	1 2 3 4 6 8 11 14
4	1	-	-275.65	21.08	-10.89	1 2 3 4 5

1	2	3	4	5	6	7
4	1	К	-272.33	71.24	-23.86	1 2 3 4 5 8 12 14
4	2	-	-259.25	-22.46	-10.89	1 2 3 4 5
4	2	К	-255.94	-22.33	-23.06	1 2 3 4 5 8 12

Таблиця 4.3.

Зусилля від квазіпостійних розрахункових навантажень  
в крайній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ навантажень
			N, кН	M <sub>y</sub> , кНм	Q <sub>z</sub> , кН	
1	1	-	-465.43	24.33	-11.55	1 2 3 4 5
1	2	-	-399.46	-55.92	-11.55	1 2 3 4 5
4	1	-	-285.72	22.08	-11.52	1 2 3 4 5
4	2	-	-267.69	-24.01	-11.52	1 2 3 4 5
4	2	-	-248.71	-23.25	-11.03	1 2 3 4

Таблиця 4.4.

Зусилля від повних граничних розрахункових навантажень  
в середній колоні

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ навантажень
			N, кН	M <sub>y</sub> , кНм	Q <sub>z</sub> , кН	
1	2	3	4	5	6	7
6	1	-	-738.89	-41.45	3.74	1 2 3 4 5 15
6	1	-	-738.89	41.61	-3.75	1 2 3 4 5 14
6	1	-	-612.39	-46.10	4.16	1 2 3 4 15
6	1	-	-612.39	46.18	-4.17	1 2 3 4 14
6	1	-	-752.95	0	0	1 2 3 4 5
6	1	К	-1177.47	222.91	-4.53	1 2 3 4 6 8 11 14
6	1	К	-1320.15	-218.70	5.26	1 2 3 4 5 7 9 11 15
6	1	К	-1193.65	-218.74	5.27	1 2 3 4 7 9 11 15
6	1	К	-1303.97	222.95	-4.53	1 2 3 4 5 6 8 11 14
6	1	К	-1048.87	-58.12	40.81	1 2 3 4 8 12 15
6	1	К	-1175.37	60.02	-40.98	1 2 3 4 5 7 11 14
6	1	К	-1611.84	40.41	-3.65	1 2 3 4 5 7 8 10
6	1	К	-1175.37	-58.08	40.80	1 2 3 4 5 8 12 15

1	2	3	4	5	6	7
6	1	K	-1048.87	59.98	-40.98	1 2 3 4 7 11 14
6	2	-	-672.92	-15.45	3.74	1 2 3 4 5 15
6	2	-	-672.92	15.51	-3.75	1 2 3 4 5 14
6	2	-	-546.42	-17.19	4.16	1 2 3 4 15
6	2	-	-546.42	17.22	-4.17	1 2 3 4 14
6	2	-	-686.98	0	0	1 2 3 4 5
6	2	K	-982.89	263.71	16.62	1 2 3 4 8 13 14
6	2	K	-1109.39	-262.74	-16.85	1 2 3 4 5 7 10 15
6	2	K	-982.89	-262.75	-16.85	1 2 3 4 7 10 15
6	2	K	-1109.39	263.72	16.61	1 2 3 4 5 8 13 14
6	2	K	-982.89	225.50	40.81	1 2 3 4 8 12 15
6	2	K	-1109.39	-224.79	-40.98	1 2 3 4 5 7 11 14
6	2	K	-1545.87	15.07	-3.65	1 2 3 4 5 7 8 10
6	2	K	-1109.39	225.51	40.80	1 2 3 4 5 8 12 15
6	2	K	-982.89	-224.80	-40.98	1 2 3 4 7 11 14
7	1	-	-563.76	-15.44	3.86	1 2 3 4 5 15
7	1	-	-563.76	15.50	-3.88	1 2 3 4 5 14
7	1	-	-437.26	-17.18	4.29	1 2 3 4 15
7	1	-	-437.26	17.21	-4.30	1 2 3 4 14
7	1	-	-577.82	0	0	1 2 3 4 5
7	1	K	-437.26	124.31	-31.08	1 2 3 4 7 10 14
7	1	K	-563.76	-123.86	30.96	1 2 3 4 5 8 13 15
7	1	K	-437.26	-123.87	30.97	1 2 3 4 8 13 15
7	1	K	-563.76	124.33	-31.08	1 2 3 4 5 7 10 14
7	1	K	-437.26	-101.89	40.67	1 2 3 4 8 12 15
7	1	K	-563.76	102.60	-40.85	1 2 3 4 5 7 11 14
7	1	-	-577.82	0	0	1 2 3 4 5
7	1	K	-563.76	-101.88	40.67	1 2 3 4 5 8 12 15
7	1	K	-437.26	102.59	-40.85	1 2 3 4 7 11 14
7	2	-	-549.34	0	-0.01	1 2 3 4 5
7	2	-	-408.78	0	4.29	1 2 3 4 15
7	2	-	-408.78	0	-4.30	1 2 3 4 14
7	2	K	-408.78	0	34.23	1 2 3 4 8 12 15
7	2	K	-535.28	0	-34.41	1 2 3 4 5 7 11 14
7	2	K	-535.28	0	34.22	1 2 3 4 5 8 12 15
7	2	K	-408.780	0	-	1 2 3 4 7 11 14

Таблиця 4.5.

Зусилля від повних експлуатаційних розрахункових навантажень  
в середній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ навантажень
			N, кН	M <sub>y</sub> , кНм	Q <sub>z</sub> , кН	
6	1	К	-1070.42	173.35	-1.47	1 2 3 4 6 8 11 14
6	1	К	-1144.81	-169.48	2.14	1 2 3 4 5 7 9 11 15
6	1	К	-1409.98	36.72	-3.31	1 2 3 4 5 7 8 10
6	1	К	-1013.19	-23.46	34.45	1 2 3 4 5 8 12 15
6	1	К	-953.52	25.23	-34.61	1 2 3 4 7 11 14
6	2	-	-496.74	3.51	-0.85	1 2 3 4 14
6	2	-	-563.04	0	0	1 2 3 4 5
6	2	К	-893.54	228.81	17.75	1 2 3 4 8 13 14
6	2	К	-953.21	-227.92	-17.97	1 2 3 4 5 7 10 15
6	2	К	-953.21	228.82	17.75	1 2 3 4 5 8 13 14
6	2	К	-1350.00	13.69	-3.31	1 2 3 4 5 7 8 10
7	1	К	-457.18	-101.67	25.42	1 2 3 4 5 8 13 15
7	1	К	-457.18	102.10	-25.52	1 2 3 4 5 7 10 14
7	1	К	-397.51	-81.69	34.24	1 2 3 4 8 12 15
7	1	К	-457.18	82.35	-34.41	1 2 3 4 5 7 11 14
7	1	-	-463.81	0	0	1 2 3 4 5
7	2	-	-437.92	0	0	1 2 3 4 5
7	2	К	-371.62	0	28.38	1 2 3 4 8 12 15
7	2	К	-431.29	0	-28.55	1 2 3 4 5 7 11 14

Таблиця 4.6.

Зусилля від квазіпостійних розрахункових навантажень  
в середній колоні (скорочено)

№ ел.	№ пер.	Кран	Зусилля			№ навантажень
			N, кН	M <sub>y</sub> , кНм	Q <sub>z</sub> , кН	
6	1	-	-650.34	0	0	1 2 3 4 5
6	2	-	-584.37	0	0	1 2 3 4 5
7	1	-	-475.21	0	0	1 2 3 4 5
7	2	-	-446.73	0	0	1 2 3 4 5



## Рекомендовані джерела

1. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций: Курсовое и дипломное проектирование. Исследовательские задачи / Под ред. А.А. Нилова. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 326 с.
2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – К.: «Факт», 2005. – 344 с.
3. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций: Курсовое проектирование / Ю.В. Верюжский, В.И. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 808 с.
4. Лира 9.2. Примеры расчета и проектирования: Учебное пособие / М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок. – К.: «Факт», 2005. – 106 с.
5. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи: Норми проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 75 с.
7. Железобетонные конструкции. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. А. Я. Барашикова. – К.: «Вища школа», 1987. – 416 с.
8. Залізобетонні конструкції: Підручник / За ред. П.Ф. Вахненка. – К.: Вища школа, 1999. – 508 с.
9. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування залізобетонних та мурованих конструкцій» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання на тему: "Залізобетонні конструкції одноповерхової промислової будівлі" Розділ I: Вихідні дані. Компонування конструктивної схеми та збір навантажень на поперечну раму. / Укладач: О.П. Конончук – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. – 37 с.
10. Проектирование железобетонных конструкций. Справочное пособие / Под ред. А. Б. Голышева. – К: Будівельник, 1985.– 496 с.
11. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
12. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.

– Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.– 166 с.

13. Конспект лекцій з дисципліни «Проектування залізобетонних і мурованих конструкцій» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання. / Укладачі: О.П. Конончук, В.П. Ясній – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 133 с.
14. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів з дисципліни «Проектування залізобетонних і мурованих конструкцій» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання. / Укладачі: О.П. Конончук, В.П. Ясній – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 22 с.
15. Методичний посібник до виконання курсової роботи з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання. / Розробник: О.П. Конончук – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – 32 с.